

⑫ 公開特許公報(A)

平3-148869

⑤Int. Cl.⁹

識別記号

庁内整理番号

⑬公開 平成3年(1991)6月25日

H 01 L 27/14
31/108122-5F H 01 L 27/14
9055-5F 31/10K
A

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全9頁)

⑭発明の名称 光検知器

⑯特 願 平1-288191

⑰出 願 平1(1989)11月6日

⑱発明者 梶原 信之 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内

⑱発明者 須藤 元 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内

⑱発明者 宮本 義博 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内

⑲出願人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

⑳代理人 弁理士 伊東 忠彦 外2名

明 細 書

過剰な光信号電荷の排出領域(13)を設けたことを特徴とする請求項1記載の光検知器。

1. 発明の名称

光検知器

3. 発明の詳細な説明

2. 特許請求の範囲

(1) 半導体基板(10)の表面に該半導体基板(10)とは逆の導電型層(11)を所定間隔で複数形成し、該半導体基板(10)と該逆導電型層(11)とによりpn接合による光電変換部を形成する構造とした光検知器において、

前記半導体基板(10)の深さ方向に連続的にエネルギーギャップを大とし、該半導体基板(10)の過剰な少数キャリアが該半導体基板(10)の表面方向に向かう電位勾配を有するようにし、かつ、前記複数の逆導電型層(11)の各々を取り巻くように光信号電荷の再結合領域(12)を設けたことを特徴とする光検知器。

② 前記再結合領域(12)に代えて、前記複数の逆導電型層(11)の各々を取り巻くように

(概要)

赤外線検知器のpn接合による光電変換部の構造に関し、

化合物半導体上のpn接合アレイよりなる光検知器において少なくとも各pn接合間での信号電荷のクロストークを減少させる光電変換構造をもつことを目的とし、

半導体基板の表面に該半導体基板とは逆の導電型層を所定間隔で複数形成し、該半導体基板と該逆導電型層とによりpn接合による光電変換部を形成する構造とした光検知器において、前記半導体基板の深さ方向に連続的にエネルギーギャップを大とし、該半導体基板の過剰な少数キャリアが該半導体基板の表面方向に向かう電位勾配を有するようにし、かつ、前記複数の逆導電型層の各々

を取り巻くように光信号電荷の再結合領域を設けるよう構成する。

(産業上の利用分野)

本発明は光検知器に係り、特に赤外線検知器のpn接合による光電変換部の構造に関する。

近年の赤外線検知器の高性能化の要求に伴い、赤外線検知器には小型、多画素化、分解能の向上が要求されている。分解能の向上のためには、基板上のpn接合による光電変換部の構成を、画素間(各pn接合間)のピッチを細かくし、しかも各画素間での光信号電荷のクロストークを減少させる必要がある。

(従来の技術)

従来のpn接合による光検知器においては、基板上に形成された複数のpn接合よりなる光電変換部を有し、裏面から赤外光が入射される裏面入射型と、表面から赤外光が入射される表面入射型とがある。裏面入射型の光検知器ではpn接合

発生している。

そこで、従来の表面入射型の光検知器では第8図(a)と同様の高濃度層を設けたり、またpn接合光電変換部分を除いた表面に、例えばアルミニウム(Al)からなるシールドを形成している。

(発明が解決しようとする課題)

しかるに、化合物半導体を基板として用い、その表面に光電変換部を一次元、又は二次元配列してなる光検知器においては、高濃度層を基板深く形成することが困難であるため、第8図(a)に示した構造をとることが難しく、よって同図(b)に示すように、例えばp型の半導体基板5の表面にn⁺領域6を形成してpn接合の光電変換部を構成すると共に、その光電変換部のまわりに物理的な分離溝7を設けるか、各pn接合(画素)のピッチを広くしたり、半導体基板のキャリア濃度を上げて信号電荷の拡散長を小さくしている。

このため、化合物半導体を用いた光検知器では、画素数を増やす場合、画素ピッチ(pn接合ピッ

から離れた基板の奥で赤外光が光電変換され、光による信号電荷は基板内を拡散し、信号読み出し部になるpn接合に達する。このため、分解能向上のため画素ピッチを細かくした光検知器では隣接画素間での信号電荷のクロストークは避けられない。

そこで、従来は第8図(a)に示す如く例えばp型の半導体基板1の表面にn⁺領域2を形成してpn接合の光電変換部を形成すると共に、その光電変換部のまわりに半導体基板1と同一導電型(ここではp型)の高濃度層3を設け、半導体基板1に電位障壁を形成している。

これにより、半導体基板1の裏面から入射される赤外光が光電変換されて得られた信号電荷は同図(a)に4で示すように隣接画素(pn接合)へ拡散することが、高濃度層3により阻止される。

他方、表面入射型の光検知器ではカットオフ波長近傍の信号光が基板の奥深くで吸収され光電変換されるので、長い波長でのクロストーク(スミア)が発生し、また同様の理由でブルーミングも

チ)を所定値以下に狭められず光検知器の形状が大きくなってしまふ。また、上記の分離溝7を形成する方法では形成プロセスが難しく、歩留りの低下が著しい。更に、半導体基板のキャリア濃度を上げた場合は、pn接合特性が悪くなるという問題がある。また更に、表面入射型ではシールド形成工程が必要で工程数が多い。

本発明は以上の点に鑑みてなされたもので、化合物半導体上のpn接合アレイよりなる光検知器において少なくとも各pn接合間での信号電荷のクロストークを減少させる光電変換構造をもつ光検知器を提供することを目的とする。

(課題を解決するための手段)

第1図は請求項1記載の発明(以下、第1発明という)の原理説明図を示す。同図(A)は第1発明の要部概略断面図を示し、10は半導体基板、11は逆導電型層、12は再結合領域を示す。半導体基板10の表面には逆導電型層11が所定間隔で複数形成されており、半導体基板10と逆導

電型層 11 とにより p n 接合による光電変換部が形成されている。

このような構造の光検知器において、第 1 発明では第 1 図 (B) に示すように半導体基板 10 の深さ方向に連続的にエネルギーギャップを大とし、半導体基板 10 の過剰な少数キャリアが半導体基板 10 の表面方向に向かう電位勾配を有するようにし、かつ、複数の逆導電型層 11 の各々を取り巻くように光信号電荷の再結合領域 12 を設けたものである。

また、第 2 図は請求項 2 記載の発明（以下、第 2 発明という）の原理説明図を示す。同図中、第 1 図と同一構成部分には同一符号を付し、その説明を省略する。第 2 図 (A) に示す第 2 発明の要部概略断面図において、半導体基板 10 上には逆導電型層 11 の他に拡散層 13 が形成され、拡散層 13 と半導体基板 10 とによる p n 接合により電荷排出領域が形成されている。すなわち、この第 2 発明は前記第 1 図 (A) の再結合領域 12 に代えて電荷排出領域を設けたものである。

半導体基板 10 の表面に達し、第 1 図 (A) に I で示す如く表面で横方向に拡散する。

しかも、第 1 発明では p n 接合間に再結合領域 12 が設けられているため、上記の基板表面で横方向に拡散した信号電荷は、表面再結合速度 S_0 が無限大の再結合領域 12 に吸い取られる。

また、第 2 図に示す第 2 発明では第 2 図 (A)、(B) に示すように信号電荷（電子）が伝導帯の電位勾配によって加速され、横方向に殆ど拡散することなく基板表面に達し、その後横方向に拡散する点は第 1 発明と同様であるが、本発明では拡散層 13 と半導体基板 10 とによる p n 接合の排出領域により横方向に拡散した信号電荷が吸い取られる。

また、本発明では第 2 図 (A)、(C) に示すように、電荷排出領域の周囲に電極 15、絶縁膜 14 及び半導体からなる M I S 電極により、電極 15 の直下の半導体基板 10 に第 2 図 (C) に示すように表面反転領域 16 を形成することにより、電圧源 17 から電極 15 への印加電圧によって電

また、第 2 図 (A) には逆導電型層 11 の一部を除いた半導体基板 10 の表面上に絶縁膜 14 が形成され、更にその上に拡散層 13 に対応した位置に電極 15 が設けられている。

(作用)

第 1 図に示す第 1 発明においては、半導体基板 10 のキャリア濃度を一定にすると、半導体基板 10 が p 型のときは第 1 図 (B) に示すように伝導帯の電位 E_c が半導体基板 10 の裏面から逆導電型層 11 の方向へ伝導帯上の過剰な電子を加速するような方向へ傾く。一方、価電子帯の電位 E_v は逆導電型層 11 の近傍の空乏層から半導体基板 10 の裏面まで一定である。

上記の伝導帯の電位勾配による電界を電子の速度が熱速度に近くなるようにする。こうすると、半導体基板 10 に入射された光 ($h\nu$) により発生した信号電荷（電子）は第 1 図 (A)、(B) に示すように伝導帯の電位勾配によって加速され、横方向に殆ど拡散することなく p n 接合を有する

荷排出領域の面積を調整することができる。従って、本発明では入射光の強度に応じて電極 15 への印加電圧を制御することにより、入射光の強度に応じて電荷の排出量を調整することができる。

なお、半導体基板 10 は p 型でなく n 型でもよく、その場合は p n 接合を形成する基板表面から深さ方向にエネルギーギャップを連続的に大とし、かつ、基板のキャリア濃度を基板内で一定にすると、第 3 図に示す如く価電子帯の電位 E_v が基板の裏面から表面方向へ価電子帯の過剰な正孔を加速するように傾く勾配を有する。なお、第 3 図中、 E_F はフェルミレベルを示す。

(実施例)

次に本発明の各実施例について説明する。第 4 図は本発明の第 1 実施例の構成図及びエネルギーバンド図で、同図 (A) は上面図、同図 (B) は同図 (A) の X-X' 線に沿う縦断面図、同図 (C) は同図 (B) の Y-Y' 線に沿う断面でのエネルギーバンド図を示す。本実施例は第 1 発明

の実施例で、半導体基板10としてⅡ-Ⅳ族半導体の混晶である $\text{P-Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 基板20を用いるものである。この基板20の表面には所定間隔で n^+ 拡散層21(第1図の11に相当)が形成され、この n^+ 拡散層21と基板20との p-n 接合により光電変換部が形成されている。

また、基板20の表面には第4図(A)、(B)に示すように、複数の n^+ 拡散層21の各々の一部と所定部分が夫々露出するように保護用絶縁膜として硫化亜鉛(ZnS)膜22が形成されている。 ZnS 膜22の開口部のうち n^+ 拡散層21上の開口部には例えばインジウム(In)からなる信号取出し電極23が形成され、それ以外の開口部には例えば金(Au)からなるオーミックコンタクト用金属電極24が形成されている。オーミックコンタクト用金属電極24は第4図(A)、(B)からわかるように、相隣る p-n 接合による光電変換部の間に形成されており、前記した再結合領域12を構成する。

これにより、 p 型の $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 基板20の裏面に入射した赤外光により裏面で発生した信号電荷は第4図(B)に25で示すように横方向に拡散することなく p-n 接合部を有する基板表面に到達した後、基板表面を横方向に拡散し、その後オーミックコンタクト用金属電極24による再結合領域で消滅する。

従って、一つの p-n 接合に流入する信号電荷はオーミックコンタクト用金属電極24で囲まれた領域からのみとなり、隣接する p-n 接合(画素)間での信号電荷の混合がなくなる。従って、入射赤外光を p-n 接合で光電変換して得られた信号にはクロストークがなく、鮮明な赤外画像が得られる。

次に本実施例の製造方法について第5図と共に説明する。同図中、第4図と同一構成部分には同一符号を付してある。

まず、 p 型の CdTe 基板に水銀(Hg)、カドミウム(Cd)及びテルル(Te)を有機金属気相エピタキシャル成長法(MOCVD法)によ

り、また、本実施例では、 $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 基板20の組成比 x が拡散層21との p-n 接合部で0.210(エネルギーバンド $E_{g1} = 0.1001\text{eV}$)とし、 p-n 接合部から基板深さ方向に組成比 x を線形に大きくし、基板20の膜厚 $10\mu\text{m}$ の所で0.240($E_{g2} = 0.1483\text{eV}$)になるようにしている。更に p 型の $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 基板20のキャリア濃度を $1 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ に一定にすると、そのエネルギーバンド図は第4図(C)に示す如くになり、価電子帯の電位 E_v の勾配はわずかとなり、エネルギーギャップの差は殆ど伝導帯側にくるため、伝導帯の電位 E_c の勾配が大きくなり、この場合の伝導帯の電位勾配による電界は約 $50 \text{V}/\mu\text{m}$ ($\approx (E_{g2} - E_{g1}) / 10\mu\text{m}$)となる。

伝導帯の電子の移動度は 77K で $2 \times 10^5 \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ であるから、電子の移動度と電界との積で表わされる電子の速度は $1 \times 10^7 \text{cm}/\text{s}$ となり、ほぼ熱速度に近くなる。

リエピタキシャル成長させると共に、その際にHgに対するCdの組成比 x を時間の経過と共に変え、前記したように基板表面の p-n 接合部から基板深さ方向に進むにつれてHgに対するCdの組成比を大とする。これにより、厚さ $10\mu\text{m}$ の p 型の $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 基板20を形成する。

次に、上記基板20の表面を第5図(A)に示すように所定のパターニングをしたレジスト27で覆った後、レジスト27の上方からボロニオン(B^+)を高濃度イオン注入してレジスト27で覆われていない基板20の表面部分に所定深さの n^+ 拡散層21を形成する。この n^+ 拡散層21と基板20との p-n 接合により光電変換部(フォトダイオード)が形成される。

次に、レジスト27を除去した後第5図(B)に示す如く、スパッタ若しくは蒸着により基板20の表面全面に、保護用絶縁膜として ZnS 膜22を膜厚 $1\mu\text{m}$ で形成する。続いて第5図(C)に示す如く、フォトリソグラフィ工程によって ZnS 膜22をエッチングし、 n^+ 拡散層21を

一部露出させる開口部（コンタクト穴）22aと、各pn接合部間の基板表面を露出させる開口部（コンタクト穴）22bとを開孔する。

次に第5図（D）に示す如く、Inを開口部22aのみに蒸着して信号電荷取出し電極23として形成した後、同図（E）に示す如く、Auを開口部22bに蒸着してオーミックコンタクト用金属電極24を形成する。

次に本発明の第2実施例について説明するに、第6図は本発明の第2実施例の構成図及びエネルギーバンド図を示し、同図（A）は上面図、同図（B）は同図（A）のX-X'線に沿う縦断面図、同図（C）は同図（B）のY-Y'線に沿う断面でのエネルギーバンド図を示す。第6図は第2発明の実施例を示し、第4図と同一構成部分には同一符号を付し、その説明を省略する。

第6図（A）、（B）において、31はn⁺拡散層で、各pn接合部間に形成されており、前記第2図の拡散層13に相当する。また、32は保護用絶縁膜で、前記保護用絶縁膜14に相当し、

しかも、この基板表面の反転領域の面積は電極33への印加電圧に応じて変化する。そこで、入射赤外光の強度に応じて電圧源35の電圧を可変し、入射赤外光の強度が強いときは電極33への印加電圧を大に調整することにより、表面反転領域が拡大し、より過剰となっている信号電荷を略吸収することができる。従って、本実施例によれば、ブルージングも防止することができる。

次に第2実施例の製造方法について第7図と共に説明する。同図中、第6図と同一構成部分には同一符号を付してある。第7図（A）は第5図（A）に示した製造工程と同一であり、基板20上にn⁺拡散層21を形成する。次に第7図（B）に示す如く、前記レジスト27を除去した後、隣接するn⁺拡散層21の間の基板20の表面を露出させるようにパターニングされたレジスト38を新たに基板20上に設け、このレジスト38をマスクとしてB⁺イオンを高濃度イオン注入してn⁺拡散層31を形成する。

次にレジスト38を除去した後、第5図（B）

n⁺拡散層21の一部だけを露出させる開口部を有する。33はアルミニウム（Al）からなる電極で、前記電極15に相当し、n⁺拡散層21上に形成される。

本実施例も第1実施例と同一の基板20を有するから、基板20のエネルギーバンド図は第6図に示す如く、前記第4図（C）に示したエネルギーバンド図と同一である。これにより、p型のHg_{1-x}Cd_xTe基板20の裏面に入射した赤外光により発生した信号電荷は第6図（B）に34で示す如く基板裏面から表面へ直進し、基板表面で拡散されるも、n⁺拡散層31と基板20とによるpn接合で排出される。

これにより、本実施例も第1実施例と同様の特長を有する。更に本実施例では、MIS電極構造の電極33に電圧源35からの電圧を印加して電極33の直下の半導体基板20の表面を反転状態にすると、反転状態の領域も電荷排出機能を有するから実効的に電荷排出用のpn接合面積を増加させることができる。

に示した製造工程と同一方法により第7図（C）に示す如くZnS膜32を形成した後、第5図（C）に示した製造工程と同一方法により第7図（D）に示す如く開口部32aを開孔する。ただし、開口部32aはn⁺拡散層21及び31のうち、光電変換部を形成する方のn⁺拡散層21の一部分のみを露出させる。

次に第7図（E）に示す如く、ZnS膜32のうちn⁺拡散層31の上方の位置にAlからなる金属電極33を例えば膜厚0.5μmで形成する。続いて、同図（F）に示す如くフォトリソグラフィ工程によりInによる信号電荷取出し電極23をパターニングし、最後に同図（G）に示す如くAuからなる金属電極39を蒸着によって最も外側の電極33の外側に形成する。この電極39はpn接合部で光電変換が行なえるよう接地される。

なお、第7図（E）に示す電極33の工程はなくてもよい。この場合はMIS電極を有さないこととなるが、その場合でも基板表面で拡散された

信号電荷は n^+ 拡散層31と基板20とのpn接合に流入し排出されるから、画素間のクロストークを減少させることができる。

また、以上の実施例では基板20は $Hg_{1-x}Cd_xTe$ として説明したが、II-VI、III-V、IV-VI族半導体の三元系で構成してもよい。

(発明の効果)

上述の如く、本発明によれば、基板表面でのみ信号電荷が拡散するようにし、かつ、光電変換部の間に設けた再結合領域又はpn接合の排出領域により基板表面で拡散した信号電荷を吸収、排出するようにしたので、画素間でのクロストークを防止することができ、従って、従来に比べて画素ピッチを狭くでき、かつ、分離溝も形成しないから従来に比べてより小型、多画素化が可能である等の特長を有するものである。

4. 図面の簡単な説明

第1図は第1発明の原理説明図、

15は電極、

16は表面反転領域を示す。

特許出願人 富士通株式会社

代理人 弁理士 伊東 忠彦

同 弁理士 松浦 兼行

同 弁理士 片山 隆平



第2図は第2発明の原理説明図、

第3図は半導体基板がn型のときの本発明の原理説明図、

第4図は本発明の第1実施例の構成図及びエネルギーバンド図、

第5図は本発明の第1実施例の各製造工程での断面図、

第6図は本発明の第2実施例の構成図及びエネルギーバンド図、

第7図は本発明の第2実施例の各製造工程での断面図、

第8図は従来の光検知器の各例の要部構造図である。

図において、

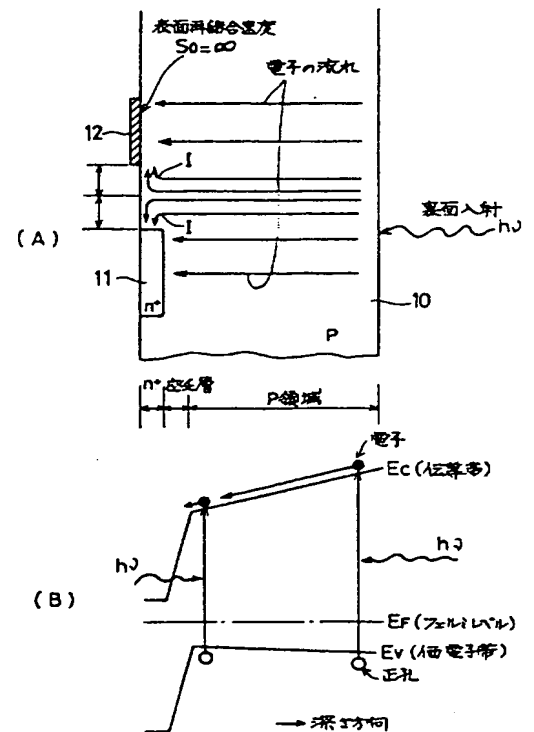
10は半導体基板、

11は逆導電型層、

12は再結合領域、

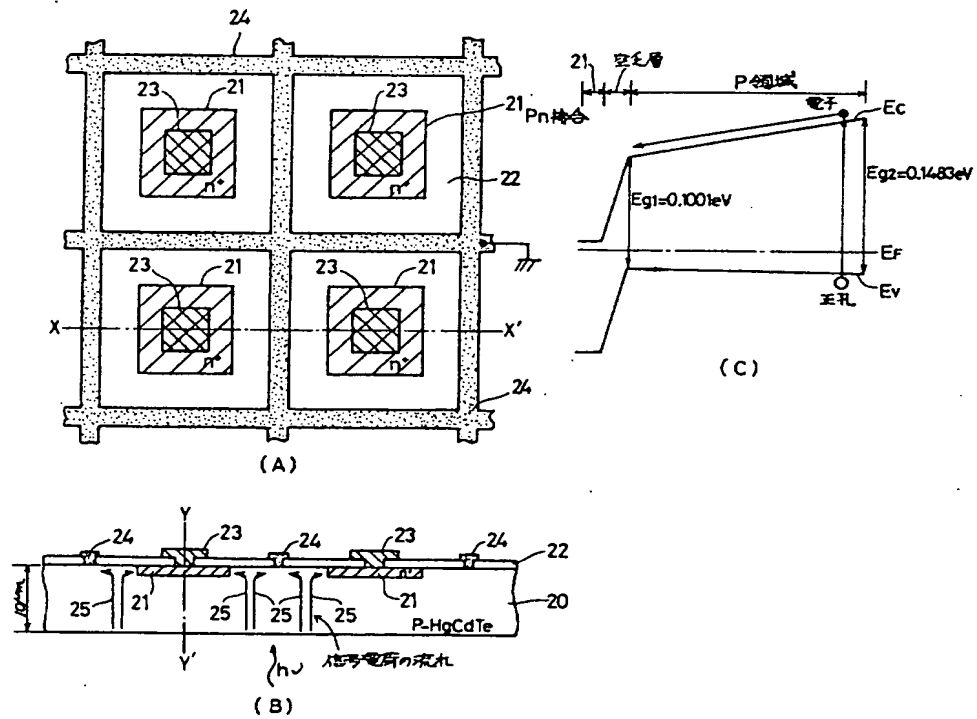
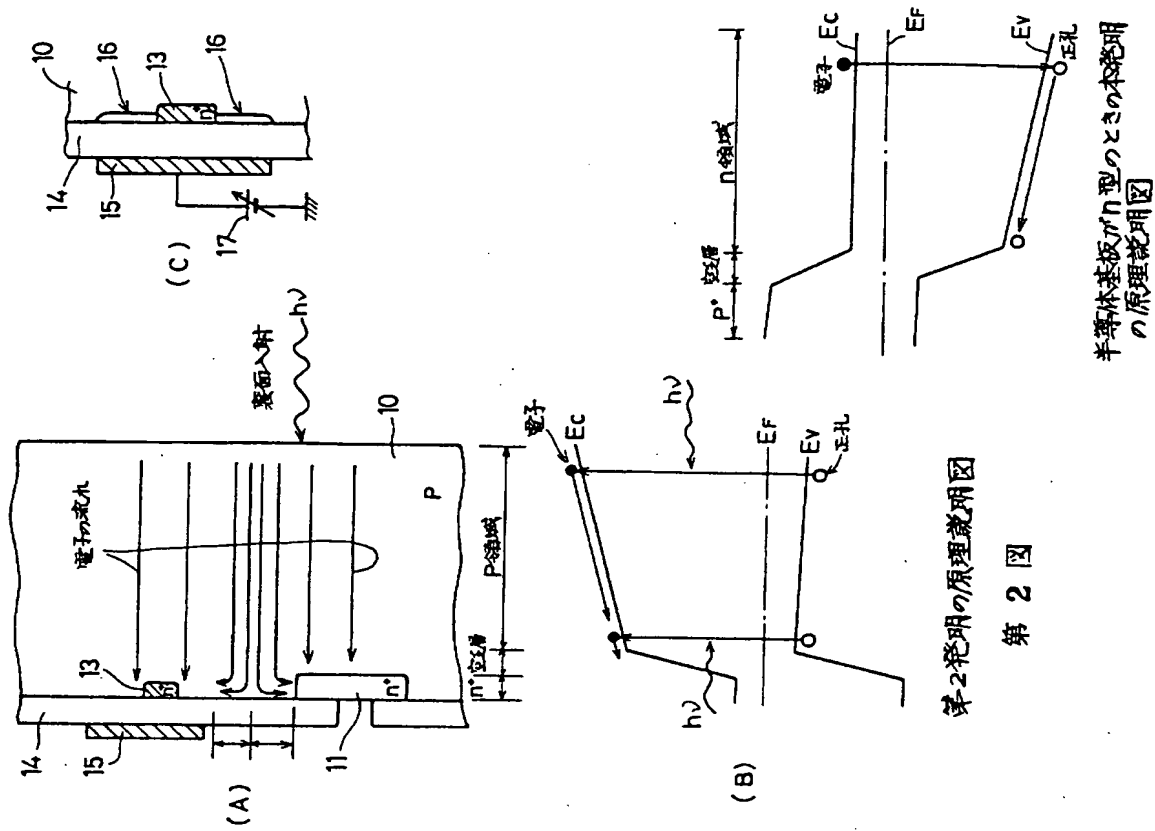
13は排出領域となる拡散層、

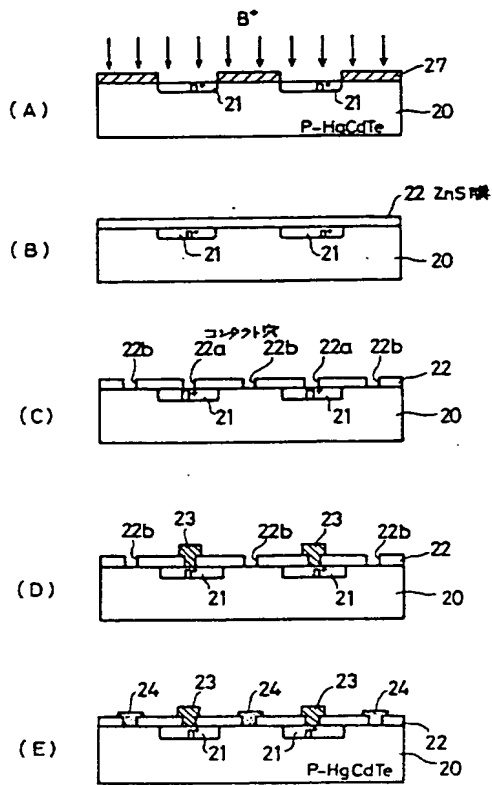
14は絶縁膜、



第1発明の原理説明図

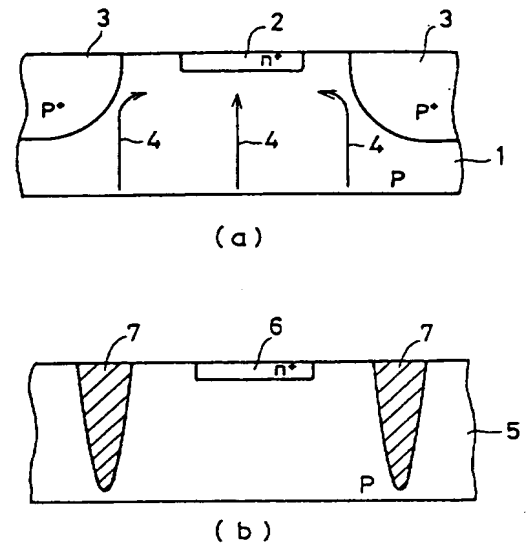
第1図





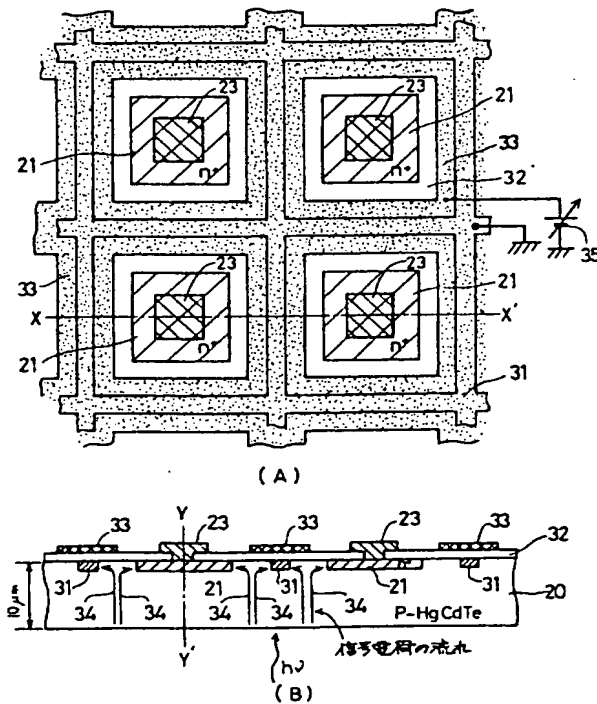
本発明の第1実施例の各製造工程での断面図

第 5 図



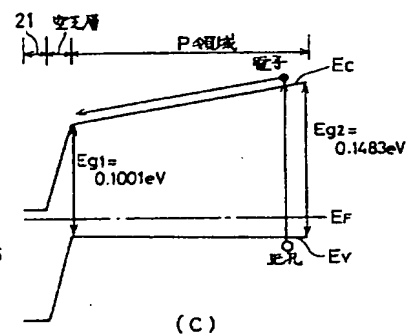
従来の光検知器の各例の要部構造図

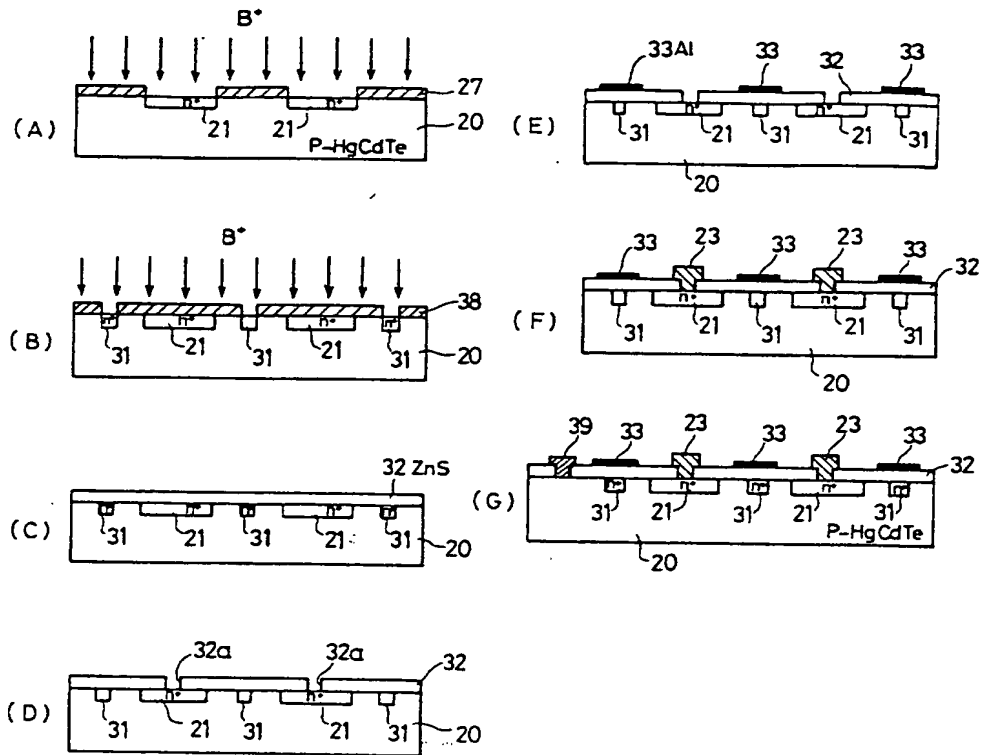
第 8 図



本発明の第2実施例の構成図及びエネルギーバンド図

第 6 図





本発明の第2実施例の各製造工程での断面図

第 7 図